Detecção da ocorrência, localização de focos e determinação do grau de infestação da espécie bioinvasora *Triphyllozoon arcuatum* no Porto de Maceió.

Maio de 2025

Introdução

No contexto da execução dos serviços contratados pela administração do Porto de Maceió, e em atendimento às condicionantes ambientais previstas na Licença de Operação emitida pelo Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA-AL), foram realizadas atividades de monitoramento subaquático voltadas à identificação de organismos exóticos incrustantes em áreas submersas do porto. Tais ações seguem as diretrizes da Resolução CONAMA nº 398/2008, que trata do controle ambiental de águas de lastro, principal vetor para a introdução de espécies não nativas em ambientes costeiros e portuários.

Durante uma das campanhas periódicas de mergulho — realizadas por equipe técnica habilitada e com suporte de equipamentos de fotografia subaquática, quadrantes de monitoramento e embarcação de apoio — foi registrada a presença de uma colônia incrustada de organismos pertencentes ao filo ***Bryozoa.*** Embora representantes desse filo sejam parte da fauna marinha nativa do litoral alagoano, sobretudo em substratos consolidados e ambientes recifais, os exemplares identificados apresentavam morfologia colonial, estrutura reprodutiva e padrão de ramificação não compatíveis com nenhuma das espécies registradas nos inventários taxonômicos locais.

A ocorrência foi inicialmente registrada na estrutura vertical do paredão do berço de atracação nº 1, entre 3,5 e 4,5 metros de profundidade, onde as colônias foram observadas formando um tapete denso, com características morfológicas atípicas e área total de 4 metros quadrados.

Após a identificação da ocorrência, a equipe técnica procedeu com a demarcação física da área por meio de boia de referência e realizou o devido registro fotográfico georreferenciado. Todas as informações foram sistematizadas e encaminhadas à administração do Porto de Maceió para ciência e adoção das providências cabíveis junto ao Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas – IMA/AL. Tal conduta técnica está em conformidade com as boas práticas reconhecidas internacionalmente no monitoramento de organismos incrustantes, em especial aquelas alinhadas às diretrizes da Organização Marítima Internacional (IMO), no âmbito do Programa GloFouling Partnerships, voltado à prevenção da introdução de espécies não nativas por biofouling.

A detecção precoce e a resposta imediata à identificação de organismos potencialmente exóticos são fundamentais para evitar a fase de estabelecimento populacional denso.

Na avaliação da área imediatamente adjacente ao ponto de detecção original — situada em um dos berços de atracação utilizados por embarcações de apoio — observou-se que, no sentido voltado para o oceano aberto, não foram identificadas colônias adicionais do organismo incrustante somente poucos indivíduos dispersos, nas proximidades do ponto densamente povoado.

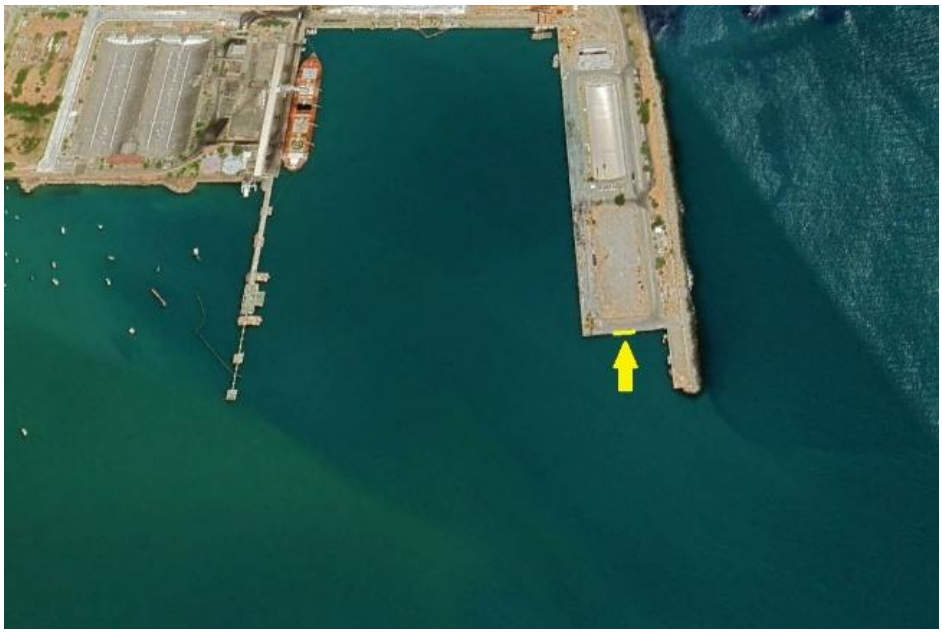

Figura 1 O trecho do berço de atracação onde a primeira ocorrência foi detectada.

Essa ausência sugere que as condições hidrodinâmicas e a direção das correntes de maré predominantes não favoreceram a dispersão larval nessa direção. Em contrapartida, na direção oposta, ao longo da porção mais interna dos berços de atracação, foram detectadas **colônias esparsas e de pequeno porte**, caracterizadas como ocorrências isoladas, com baixa densidade espacial, o que indica um **estágio inicial de colonização secundária**.

A análise da distribuição dessas colônias dispersas — sempre confinadas entre 3 e 6 metros de profundidade — aponta para uma preferência da espécie por ambientes submersos de luminosidade média, salinidade estável e substrato duro vertical, características comuns aos paredões de cais de concreto. No ponto de ocorrência original, foi constatado um **aglomerado significativo de colônias**, cobrindo uma área aproximada de 4 m² com **densidade superior a 150 colônias/m²**, o que classifica essa concentração como dominante segundo os critérios do índice DAFOR. O padrão de colonização observado sugere que esse é o **epicentro de dispersão da bioinvasão**.

A amostra coletada foi imediatamente submetida à triagem por estereooscopia, revelando características morfológicas externas, como **ramificações em leque, presença de avículos em forma de gancho e poros frontais ornamentados**, incompatíveis com os registros taxonômicos de briozoários bentônicos nativos da costa alagoana. Diante da ausência de correspondência morfológica com espécies listadas em catálogos regionais (Catálogo da Fauna Marinha do Nordeste), o biólogo responsável optou por consultar um especialista com reconhecimento técnico na sistemática de ***Bryozoa.***

Foi então estabelecida correspondência com o **Prof. Dr. Leandro M. Vieira**, docente da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pesquisador com diversas publicações indexadas sobre taxonomia e biogeografia de briozoários tropicais. Mediante envio de imagens em alta resolução, medidas de zooides, dados ecológicos e registros fotográficos da estrutura colonial, o professor confirmou, com base em diagnóstico comparativo, que se trata da espécie ***Triphyllozoon arcuatum*** — organismo exótico de origem Indo-Pacífica, pertencente à família ***Phidoloporidae***.

Trata-se de uma **primeira ocorrência registrada para o Porto de Maceió**, e uma das primeiras notificações formais da presença dessa espécie em ambientes portuários do litoral nordestino, o que reforça a relevância científica e ambiental do achado, bem como a urgência de medidas de contenção e erradicação.

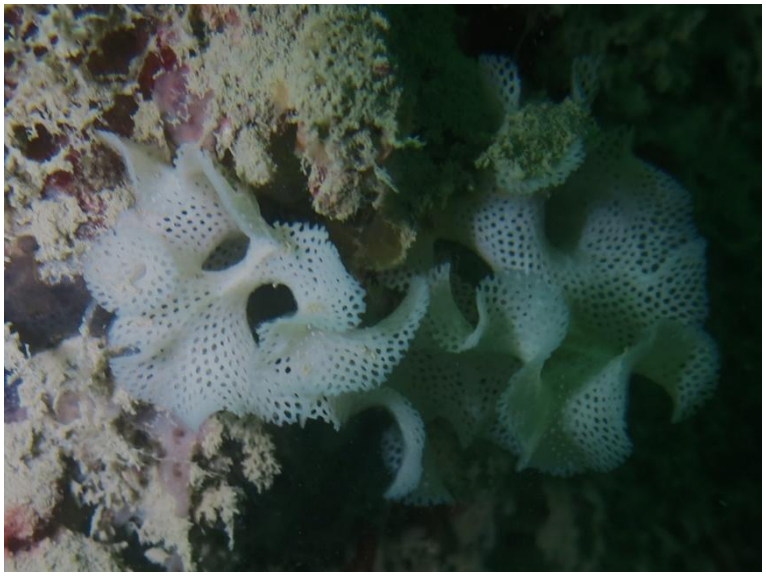

Figura 2 Exemplar de Triphyllozoon arcuatum.

O ponto inicial de observação da espécie invasora foi identificado a aproximadamente 150 metros lineares do início da área monitorada, precisamente em um dos berços de atracação comumente utilizados por embarcações de apoio portuário e rebocadores. Essa localização tem relevância estratégica do ponto de vista ecológico e operacional, pois tais embarcações, por suas características de navegação costeira ou regional, realizam atracações frequentes e operam com elevado índice de bioincrustação em suas estruturas submersas, como casco, hélices e caixas de mar.

A literatura científica já reconhece rebocadores e embarcações de apoio como vetores secundários altamente eficientes na introdução de espécies exóticas, uma vez que, mesmo em rotas curtas, eles carregam propágulos viáveis em superfícies úmidas ou estruturas mecânicas mal higienizadas. A Organização Marítima Internacional (IMO), em suas diretrizes técnicas para o controle de biofouling (MEPC.207(62)), ressalta que pequenas embarcações com movimentação portuária intensa representam focos silenciosos de dispersão biológica, muitas vezes negligenciados por programas convencionais de monitoramento.

Do ponto de vista ecológico, a localização da colônia invasora nessa área reforça a hipótese de que a introdução da espécie ocorreu por biofouling em cascos de embarcações atracadas repetidamente naquele setor específico do cais. Isso é compatível com o padrão de colonização observado, onde o núcleo de maior densidade (classificado como “Dominante”) está justamente nesse trecho de paredão vertical, com características ambientais favoráveis: baixa exposição à correnteza oceânica direta, sombreamento natural, presença de biofilme inicial e substrato rugoso propício à fixação larval.

A presença inicial concentrada em um único berço reforça a importância da adoção imediata de protocolos de biosegurança portuária específicos para rebocadores e embarcações de apoio, incluindo limpeza periódica controlada, inspeção subaquática sistemática e, se necessário, a implementação de zonas restritivas temporárias de atracação para embarcações contaminadas.

Desenvolvimento Técnico – Metodologia

Para a caracterização detalhada da ocorrência da espécie bioinvasora ***Triphyllozoon arcuatum***, foi elaborado um plano de prospecção subaquática fundamentado em protocolos reconhecidos pela biologia marinha aplicada à gestão ambiental portuária. Foram executadas quatro operações de mergulho científico, conduzidas por equipe multidisciplinar composta por biólogos marinhos, mergulhadores profissionais certificados (nível técnico e avançado) e operador de embarcação de apoio, seguindo as normas de segurança estabelecidas pela NORMAM-15/DPC da Marinha do Brasil.

A metodologia empregada baseou-se no uso de equipamentos SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus) para mergulho autônomo, garantindo tempo e mobilidade suficientes para observações técnicas prolongadas ao longo da extensão submersa dos berços de atracação. Os mergulhadores foram equipados com sistemas de iluminação subaquática, câmeras de vídeo e fotografia de alta resolução, permitindo a documentação visual padronizada e posterior análise de imagem em laboratório.

Após a identificação dos primeiros espécimes incrustantes, foram posicionados quadrantes fixos em PVC rígido, no formato de 1m² (fotoquadrat), para quantificação da cobertura colonial sobre o substrato. Este método permite estimativas precisas de densidade, área ocupada, frequência relativa e padrões de crescimento da espécie invasora. A adoção do fotoquadrat é reconhecida como boa prática em levantamentos ecológicos marinhos, especialmente em avaliações de impactos em substratos consolidados, conforme metodologias descritas por Sutherland (2006) e UNEP/MAP (2015).

O levantamento de campo percorreu um total de 1.580 metros lineares, com foco específico em uma faixa de 350 metros na área de maior relevância ecológica — onde foram efetivamente observadas colônias de ***T. arcuatum***. Dentro dessa faixa de interesse, aplicou-se o índice DAFOR (Dominante, Abundante, Frequente, Ocasional, Raro), metodologia de classificação qualitativa amplamente utilizada na ecologia marinha para avaliar a abundância e distribuição de espécies bentônicas incrustantes.

O índice DAFOR, embora qualitativo, fornece uma referência comparativa padronizada e de fácil interpretação para o poder público, sendo particularmente útil em contextos de licenciamento ambiental e tomada de decisão. A utilização dessa ferramenta neste estudo permitiu descrever com clareza os níveis de dominância e dispersão da espécie invasora ao longo do paredão portuário, o que contribuiu significativamente para o diagnóstico do estágio atual da bioinvasão.

Em todas as etapas, foram registrados parâmetros ambientais auxiliares, como profundidade, visibilidade, rugosidade do substrato e direção das correntes, com o objetivo de subsidiar a análise dos fatores que favorecem o estabelecimento e a expansão da espécie exótica.

Execução

Levantamento Espacial e Aplicação do Índice DAFOR

Foram conduzidos quatro mergulhos exploratórios sistemáticos ao longo de toda a extensão submersa dos berços de atracação do Porto Organizado de Maceió, abrangendo um percurso linear de aproximadamente 1.580 metros. As operações subaquáticas seguiram um plano de amostragem contínua, com observações visuais e registro fotográfico, desde a entrada do porto até o trecho final próximo ao enrocamento de calhaus — região onde a dinâmica hidrossedimentar, a batimetria e a exposição ao ambiente marinho aberto tornam o substrato menos propício à fixação de organismos incrustantes.

Na porção anterior ao ponto de avistamento inicial, ou seja, na direção voltada ao oceano, foi realizada varredura intensiva no paredão, sem identificação de colônias de ***Triphyllozoon arcuatum.*** Tal ausência reforça a hipótese de que o foco inicial de colonização está restrito à área interna dos berços, onde as condições de abrigo hidrodinâmico, sombreamento e atracação recorrente de

embarcações de apoio favorecem a introdução e o estabelecimento da espécie invasora.

A distribuição espacial da bioinvasão foi analisada por meio da aplicação do índice DAFOR, uma metodologia qualitativa amplamente utilizada em estudos de ecologia bentônica para descrever a frequência relativa e a abundância de organismos sésseis. O acrônimo DAFOR corresponde às seguintes categorias:

- D – Dominante: espécie muito comum, ocupando grandes áreas ou com alta densidade local;
- A – Abundante: presença significativa, porém com menor cobertura que a dominante;
- F – Frequente: ocorre regularmente, mas em locais pontuais;
- O – Ocasional: encontrada esporadicamente, com baixa densidade;
- R – Rara: presença isolada ou pouco representativa.

A partir do ponto de detecção inicial — identificado a aproximadamente 150 metros da entrada do porto — observou-se uma área de ocorrência contínua de colônias ao longo de 350 metros, com variações significativas de densidade. No primeiro trecho, com aproximadamente 4 metros de extensão, foi registrada uma concentração elevada de colônias com cobertura próxima a 100% da área amostrada, o que justifica a classificação D (Dominante).

Nos trechos adjacentes, a densidade de colônias diminuiu gradualmente, sendo reclassificada como F (Frequente) e O (Ocasional) em uma faixa de aproximadamente 10 metros. O restante da área apresentou ocorrência esparsa e dispersa, sendo atribuída a classificação R (Rara), o que demonstra que o processo de dispersão ainda se encontra em estágio inicial e passível de controle.

Do ponto de vista morfométrico, as colônias apresentaram pouca variabilidade de tamanho, o que é típico de populações fundadoras com poucos ciclos reprodutivos. Estima-se que entre 150 a 200 colônias preencham, em média, 1 m² de substrato, o que, aliado à baixa heterogeneidade dimensional, indica que a espécie encontra condições ambientais ideais para crescimento contínuo e homogêneo.

A direcionalidade da colonização observada está diretamente associada à dinâmica das correntes marinhas locais, que, neste trecho do porto, têm padrão de fluxo no sentido da área interna dos berços. Esse padrão facilita o transporte passivo de propágulos (larvas ou fragmentos coloniais) e pode contribuir para a expansão da espécie ao longo do paredão portuário caso não sejam adotadas medidas corretivas imediatas.

Esse diagnóstico evidencia a importância de respostas rápidas e eficazes, especialmente diante de espécies que apresentam reprodução clonal e alto poder de fixação, como é o caso dos briozoários cheilostomados, grupo ao qual ***T. arcuatum*** pertence.



Figura 3 extensão total dos mergulhos, linha azul, com 1580m a linha amarela indica a extensão da área sem exemplares de Triphyllozoon arcuatum, a seta branca indica o ponto de avistamento inicial e a linha laranja, a área de distribuição da espécie bioinvasora com índice R do índice DAFOR.

Resultados

Inferência Espacial e Temporal da Bioinvasão

Com base na análise da distribuição geográfica da espécie ***Triphyllozoon arcuatum*** representada nos diagramas de monitoramento — em especial na delimitação destacada pela linha laranja, que indica a zona de ocorrência ativa — é possível realizar uma inferência técnica quanto à origem e progressão da bioinvasão no contexto do Porto de Maceió.

O ponto de detecção inicial, representado na imagem pela seta branca indicativa, situa-se no setor mediano de um berço de atracação com intensa movimentação de embarcações de apoio, já descrito anteriormente como área crítica. A elevada densidade de colônias nessa região, associada à morfologia uniforme e ausência de exemplares mais antigos ou de grande porte em outras áreas, permite afirmar com grau elevado de confiabilidade que esse foi o epicentro da colonização inicial.

A propagação da espécie se deu predominantemente no sentido da área interna dos berços de atracação, acompanhando a direção das correntes marinhas dominantes e dos fluxos residuais provocados pelo tráfego portuário. Tal padrão é coerente com o comportamento reprodutivo da espécie, cujos propágulos larvais são planctônicos de curta duração, mas capazes de colonizar rapidamente substratos adjacentes quando encontram estabilidade física e química no ambiente.

A ausência de colônias maduras fora da zona imediatamente próxima ao ponto de origem e a dominância de colônias jovens nas regiões adjacentes reforçam a hipótese de que a introdução do organismo é recente, possivelmente inferior a dois anos, e compatível com os ciclos de atracação observados para embarcações de rotas costeiras.

Essas observações corroboram os modelos ecológicos de dispersão larval em ambientes semifechados, como áreas internas de portos e estuários, onde a renovação parcial das massas d'água cria nichos favoráveis à fixação de espécies não nativas. O uso de análises espaciais com base em representações georreferenciadas, como as utilizadas neste estudo, é essencial para subsidiar decisões estratégicas quanto à alocação de esforços de contenção e priorização de setores críticos no controle da bioinvasão.

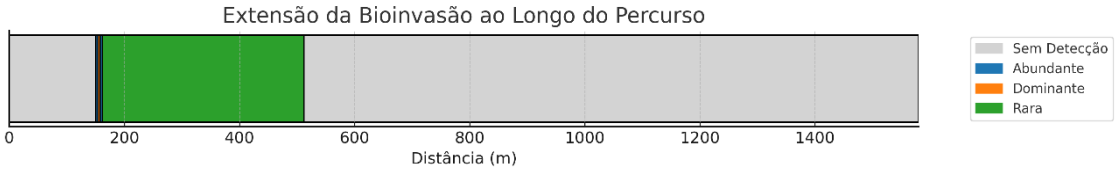

Figura 4 Aplicação do índice DAFOR em toda extensão dos berços de atracação.

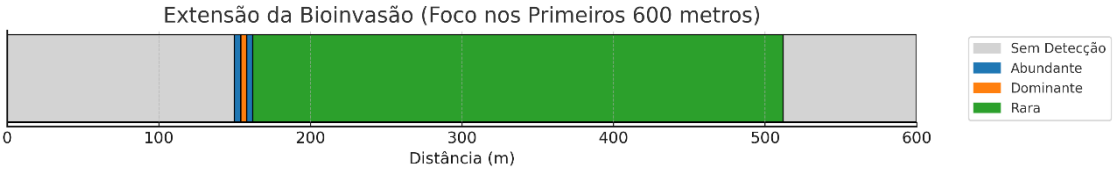

Figura 5 bioinvasão com foco nos 600 metros iniciais do berço de atracação.

Conforme os gráficos acima, é possível inferir que a maior parte da bioinvasão se concentra no trecho inicial, pois excetuando-se tal trecho inicial, as colônias estão bastante dispersas.

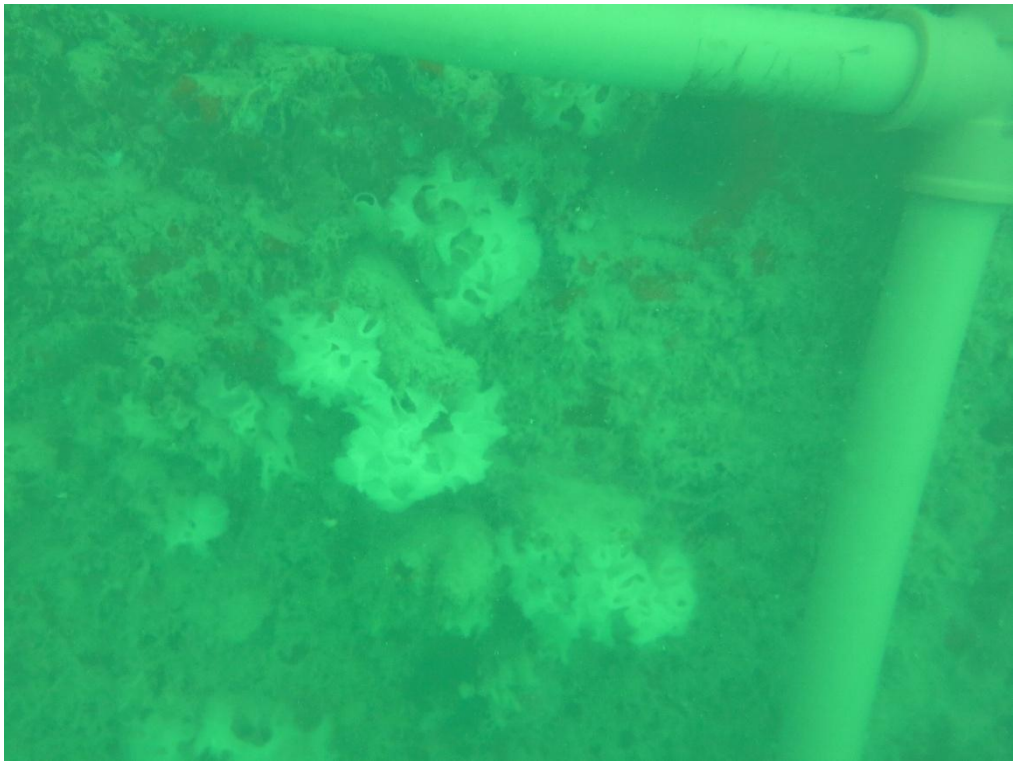

Figura 6 utilização do fotoquadrat 1x1 m, apesar da baixa visibilidade, foi possível avaliar um total de 4m^2 onde o índice DAFOR -é dominante.



Figura 7 Colônia de pequeno porte a 2,7m de profundidade

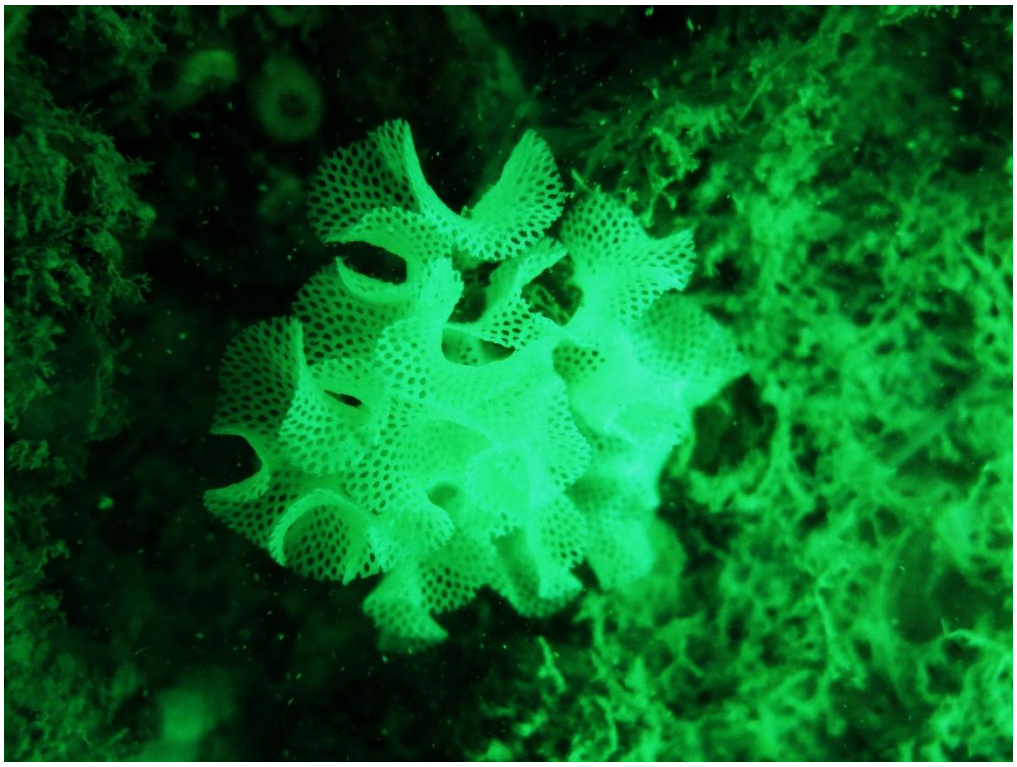

Figura 8 Colônia a maior profundidade encontrada 6,4m

As colônias se localizam entre 3 e 6 metros, ainda que ocasionalmente as colônias possam ser encontradas em outras profundidades, a ocorrência fora da faixa de profundidade indicada foi excepcional.



Figura 9 Aglomerado de colônias a 4m de profundidade, apresentando indivíduos saudáveis, em branco e alguns já mortos, em marrom.



*Figura 10 Detalhe de uma colônia de **Triphyllozoon arcuatum** em uma fenda entre as estruturas do paredão, demonstrando que a espécie coloniza tanto áreas abertas quanto abrigadas*



Figura 11 Colônia de Triphyllozoon arcuatum entre espécies nativas, em destaque o Lirio-do mar, Tropiometra carinata, sempre presente nos registros de biodiversidade na região



Figura 12 exemplar de Triphyllozoon arcuatum em ponto de baixa luminosidade, imagem obtida com iluminação auxiliar. É um indicativo da adaptação da espécie a ambientes diversos.



Figura 13 Exemplificando a adaptabilidade do bioinvasor, esta colônia se encontrava no limite de ocorrência, a 3 metros de profundidade, em área com plena incidência solar.



Figura 14 Colônia no limite dos 6m de profundidade, em área de visibilidade reduzida, ainda que a luminosidade seja suficiente para o registro fotográfico sem utilização de iluminação auxiliar.

Conclusão Técnica

A partir da análise integrada dos dados obtidos durante as campanhas de mergulho, das evidências morfológicas, da distribuição espacial das colônias e da avaliação ecológica das condições ambientais locais, conclui-se que a ocorrência da espécie bioinvasora *Triphyllozoon arcuatum* no Porto Organizado de Maceió representa um evento **recente de colonização biológica**, com estimativa de estabelecimento inferior a **dois anos**.

A baixa variabilidade morfológica das colônias, aliada à alta densidade localizada no ponto inicial de detecção e à rarefação progressiva nas áreas adjacentes, indica um **estágio precoce de bioinvasão**, o que torna o cenário ainda **reversível**, desde que adotadas ações imediatas de contenção, erradicação e monitoramento.

O levantamento permitiu a estimativa de uma **área total colonizada de aproximadamente 12 m²**, dos quais **4 m² concentram-se em um núcleo dominante** — localizado na zona crítica dos berços de atracação, com densidade superior a 150 colônias/m². Os **8 m² remanescentes** são compostos por **colônias dispersas**, localizadas de forma esparsa ao longo da faixa de 350 metros monitorada, e com densidades classificadas como “Frequente”, “Ocasional” e predominantemente “Rara”, conforme os parâmetros do índice DAFOR.

A constatação de que a dispersão ainda se encontra limitada a um único setor do porto oferece uma **janela estratégica de controle**, cuja eficácia dependerá diretamente da agilidade na execução das medidas recomendadas. Reforça-se, portanto, a urgência de se proceder à **remoção mecânica seletiva das colônias identificadas**, com atenção especial ao núcleo de infestação dominante, e de se implementar um **programa de monitoramento contínuo** por pelo menos 12 meses, a fim de evitar o avanço da espécie para novos setores do complexo portuário. Essa abordagem integrada permitirá preservar a integridade ecológica do ambiente marinho sob jurisdição portuária, garantir a conformidade legal do Porto de Maceió perante o órgão licenciador, e evitar prejuízos operacionais e econômicos associados à instalação definitiva de uma espécie exótica incrustante de comportamento invasivo.

Recomendações

- Retirar o mais breve possível os 12m^2 encontrados, com técnicas adequadas, a fim de evitar a proliferação.
- Monitorar periodicamente a área afetada e adjacências para retirar colônias não detectadas e que atualmente estejam em estágio de desenvolvimento inicial e não sejam visíveis.



- Juliano M. Fritscher
- CRBio 77.879/08-D

Referências

- **BARROSO, C. X., et al. (2022).** ***As coleções de Porifera, Cnidaria, Bryozoa e Echinodermata da Universidade Federal do Ceará:*** *contribuições para o conhecimento da biodiversidade marinha do Nordeste do Brasil*. Arquivo Ciências do Mar, 55(1), 78-90. SILVA, M. V. Briozoários da plataforma continental do Ceará. 2020. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

- **LEÃO, Z. M. A. N. (1982).** ***Contribuição ao estudo dos briozoários dos recifes de Abrolhos, Bahia*****.**

- **The non-indigenous bryozoan Triphyllozoon(Cheilostomata: Phidoloporidae)** in the Atlantic: morphology and dispersion on the Brazilian coast – Artigo cientifico

- **VIEIRA, L. M. (2008).** ***Sistemática e distribuição dos briozoários marinhos do litoral de Maceió, Alagoas*****.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, USP.